

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.325

А. Н. КАСПЕРОВИЧ, Ю. В. ШАЛАГИНОВ
(Новосибирск)

ДВУХКАНАЛЬНЫЙ РЕГИСТРАТОР ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ

Для регистрации сигналов меггерцевого диапазона в настоящее время широко применяются регистраторы на основе микроэлектронных АЦП с цифровой памятью [1—3]. Как правило, такие регистраторы строятся на базе микросхем серийных параллельных АЦП [2, 3]. Основная задача при создании новых подобных регистраторов — увеличение частоты дискретизации и расширение частотного диапазона. Повышение частоты дискретизации достигается путем параллельной работы со сдвигом во времени нескольких АЦП, а расширение полосы — путем постановки на входе АЦП широкополосных устройств выборки и хранения (УВХ) [2].

В настоящей работе описывается разработка модуля двухканального АЦП-ЗУ, способного решать поставленные выше задачи. Существенным при этом было исследование и разработка УВХ на повышенную частоту. Из-за отсутствия серийных отечественных интегральных микросхем УВХ с требуемым быстродействием была поставлена задача разработки таких приборов на дискретных компонентах. При этом признано целесообразным осуществлять управление ключами по бестрансформаторной схеме, учитывая зависимость в трансформаторных схемах амплитуды управляющих импульсов от изменения частоты дискретизации, а также ориентирясь на дальнейшее исполнение УВХ в гибридном варианте.

При разработке УВХ отдано предпочтение несимметричному ключу на управляемом эмиттерном повторителе [4]. Принципиальная схема УВХ приведена на рис. 1. В отличие от [4] настоящий УВХ более прост и в нем использованы более быстродействующие элементы. Разработанный УВХ просто сопрягается с управляющими ЭСЛ-сигналами, не требует подбора элементов и не нуждается в тонкой регулировке. Этим он выгодно отличается от УВХ с классическим диодным мостом в качестве ключа. Диодно-мостовой ключ требует строгой симметрии управляющих токов и строгого синхронизма при их переключении, что в бестрансформаторном варианте труднодостижимо. Кроме того, качество работы таких ключей существенно зависит от разброса параметров диодов.

Работает УВХ следующим образом. Управляющие противофазные сигналы подаются на базы транзисторов T_2 , T_4 , образующих каскад-переключатель тока. В режиме слежения транзистор T_4 находится в открытом состоянии, а T_2 — в закрытом. Коллекторный ток транзистора T_4 (около 27 мА) обеспечивает режим широкополосного эмиттерного повторителя (T_3), что позволяет осуществить быструю перезарядку зашунтированного конденсатора C_4 входным сигналом. В режиме хранения эмиттерная цепь транзистора T_3 обесточивается, одновременно током открывающегося транзистора T_2 на базе транзистора T_3 создается отрицательный перепад напряжения. В результате этого транзистор T_3 переводится в закрытое состояние, а на конденсаторе C_4 оказывается зафиксированным тот потенциал, который был на нем в момент перехода УВХ в режим хранения. Помимо этого перепадом напряжения, вызванным коллекторным током транзистора T_2 , производится зашунтирование перехода база — эмиттер транзистора T_1 . Изменение этого перепада ограничивается диодом D_1 на уровне $-0,7$ В. Этим осуществляется защита зафиксированного уровня напряжения на конденсаторе C_4 от влияния входного аналогового сигнала в режиме хранения.

Выходной буферный повторитель УВХ собран на транзисторах T_5 , T_6 . Первый каскад буфера (транзистор T_5) обладает достаточно высоким входным сопротивлением (50 кОм, что необходимо для сохранения заряда на запоминающем конденсаторе в течение времени измерения). Второй каскад (усилитель мощности) обеспечивает быструю перезарядку входной емкости микросхемы АЦП (~ 25 пФ) в режиме слежения.

Одной из главных задач при проектировании АЦП является выбор режимов, обеспечивающих его оптимальную работу с УВХ. С этой целью было проведено ис-

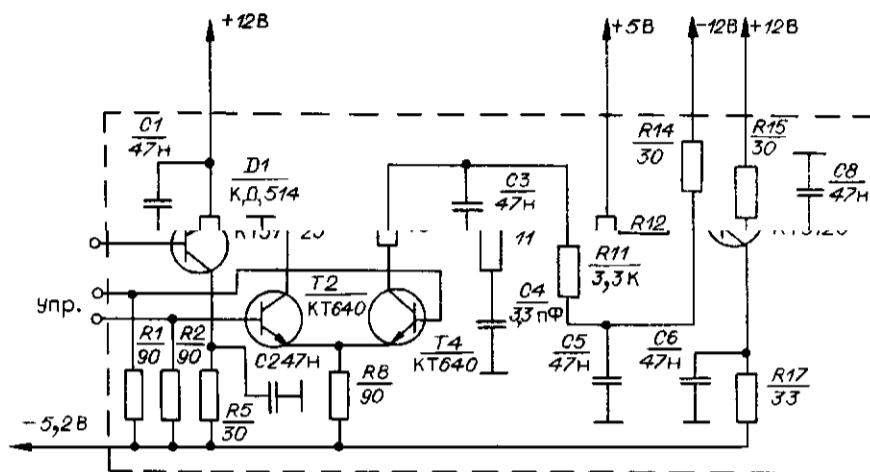


Рис. 1

следование работы микросхемы АЦП 1107PB3A (с УВХ и без УВХ), направленное на получение требуемой широкополосности.

Как известно, паспортная частота дискретизации для микросхемы 1107PB3A составляет 100 МГц, но это далеко не значит, что частота дискретизации всегда должна быть и может быть такой. В [5] приведены графики, связывающие допустимую скорость нарастания кодируемого сигнала с частотой дискретизации и диапазоном АЦП для микросхемы 1107PB3A, а в [6] — зависимости предельной частоты входного сигнала от частоты дискретизации и диапазона для микросхем SDA5010, являющихся аналогом 1107PB3A. Изучение этих зависимостей дает основание полагать, что соотношение Найквиста может быть выполнено для частоты дискретизации 75 МГц, если диапазон АЦП задать $\pm 0,6$ В. В дальнейшем будет рассматриваться возможность создания широкополосного АЦП с УВХ именно для этой частоты дискретизации.

Работа на частоте дискретизации 75 МГц с УВХ и без него для входного сигнала частоты 37,5 МГц в некотором смысле эквивалентна для входных цепей АЦП, которые перезаряжаются входным сигналом (при перезарядке на весь диапазон за время выборки АЦП). Другими словами, если при тактовой частоте 75 МГц и входном сигнале 37,5 МГц без УВХ не получается удовлетворительного качества работы АЦП, то трудно надеяться, что все будет хорошо и с УВХ.

При работе АЦП на высокой частоте необходимо правильно выбрать соотношение между временами выборки и хранения в АЦП.

Недостаточное время выборки (t_b) приводит к довольно стабильным искажениям формы преобразуемого сигнала на частоте Найквиста (обрезанию части отрицательной полуволны) и сбоям на участках с высокой скоростью изменения сигнала (в режиме без УВХ), а недостаточное время хранения (t_{xp}) — к случайным выпадениям кода, чаще всего в «ноль». Меняя соотношение времен t_b и t_{xp} на максимальной частоте дискретизации, можно уменьшить ошибки одного вида за счет другого. Оптимальным при работе с УВХ является значение $t_b = 6$ нс, при котором отсутствуют искажения формы сигналов. При этом вследствие недостаточности t_{xp} для данной частоты возможны отдельные сбои типа «выпадение в ноль». С этим приходится мириться и, если возможно, устранять такие сбои на этапе математической обработки данных.

При работе УВХ на относительно малых частотах входного сигнала изменение сигнала во время выборки перезаряжает входные емкости АЦП в нужном направлении и тем самым ускоряет процесс отслеживания в компараторах АЦП. На частотах выше частоты Найквиста изменение сигнала во времени выборки УВХ в общем случае уже не способствует установлению сигнала во входных цепях АЦП. Так, при времени выборки 5 нс на частоте 500 МГц проходит 2,5 периода входного сигнала. Поэтому выходной буфер УВХ нет смысла делать очень высокочастотным (видимо, достаточно, чтобы он пропускал неискаженный сигнал частоты Найквиста). Вообще, при определении требований к его быстродействию следует исходить из времени установления переходных процессов выбранного значения на входе АЦП.

С другой стороны, временная диаграмма работы АЦП с УВХ должна быть организована таким образом, чтобы времена выборки в УВХ и АЦП не имели перекрытий во времени. Временная диаграмма работы разработанного устройства на частоте 75 МГц приведена на рис. 2. При работе АЦП на пониженных частотах времена выборки УВХ и АЦП остаются неизменными, а времена хранения увеличиваются.

Необходимо заметить, что подача положительного потенциала на вход «Управление гистерезисом» [5] несколько улучшает качество работы АЦП (уменьшает число «нулевых» выбросов).

Для диапазона АЦП $\pm 0,6$ В этот потенциал рационально выбрать $1,5 \div 1,6$ В. Целесообразность введения гистерезиса должна каждый раз оцениваться, так как наличие гистерезиса эквивалентно добавочному шуму и при некоторых видах обработки это может оказаться существенным.

Функциональная схема одного канала разработанного модуля, гальванически развязанного от выходных цифровых цепей, приведена на рис. 3. Помимо АЦП и УВХ, эта схема содержит источник опорных напряжений (ИОН), цепи стробирования, выходной регистр и цепи гальванической развязки. В ИОН предусмотрены отдельные регулировки «0» АЦП и величины диапазона. Элементы τ_1 и τ_2 обеспечивают требуемые задержки стробов в соответствии с временной диаграммой.

Необходимо заметить, что формирователь строба УВХ, построенный на микросхеме 1500JM102, включен несколько необычно. Вывод «Корпус» этого устройства подключен к шине «Земля» через диод, смещенный в прямом направлении, а питание осуществляется источником напряжения $-5,2$ В. В результате этого выходные уровни его оказываются смещенными на $-0,7$ В, что позволяет расширить динамический диапазон УВХ.

Функциональная схема ЗУ приведена на рис. 4. С тем, чтобы обеспечить требуемый темп записи входных данных в ЗУ, в нем использованы два куба памяти А и В. Данные, поступающие в нечетные такты, записываются в куб А, а в кубе В фиксируются данные, поступающие в четные такты.

Коды АЦП1 и АЦП2 через приемники с линии П1 и П2 поступают в регистры 1 и 2 соответственно. С этих регистров информация передается во входные регистры кубов памяти А и В, а также на скоростную магистраль для обработки ее в реальном времени.

Запись в ОЗУ происходит по команде «Пуск». При использовании в эксперименте нескольких подобных модулей синхронный запуск остальных осуществляется командой «Пуск», «Выход» от первого модуля. По команде «Пуск» триггер W устанавливается в режим «Запись» и разрешает работу триггера S в счетном режиме. Перепадами сигнала с прямого плеча этого триггера осуществляется фиксация данных в регистре А и последующая запись их в куб памяти А в нечетные такты. Аналогично перепадами с инверсного плеча триггера производится управление регистром В и кубом В соответственно в четные такты.

Управление адресами куба А осуществляется от счетчика адреса, а адресами куба В — от регистра адреса. Изменение состояния счетчика адреса происходит в нечетные такты, а в четные такты содержимое счетчика адреса переписывается в регистр адреса. После заполнения кубов памяти импульсом переполнения счетчика адреса производится перевод памяти в режим «Чтение». При этом триггер W меняет свое состояние и запрещает работу триггера S.

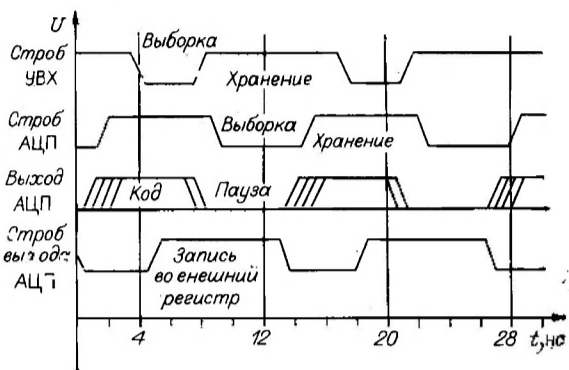


Рис. 2

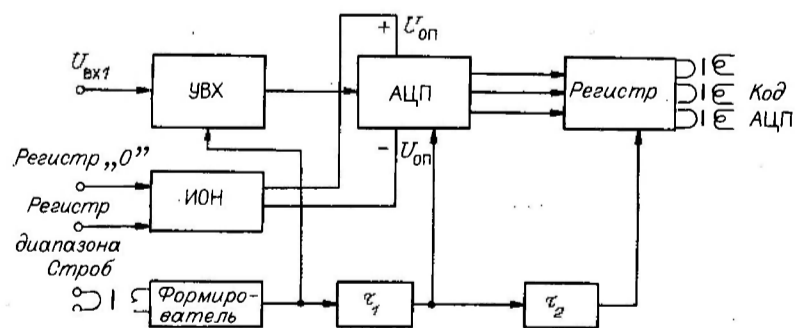


Рис. 3

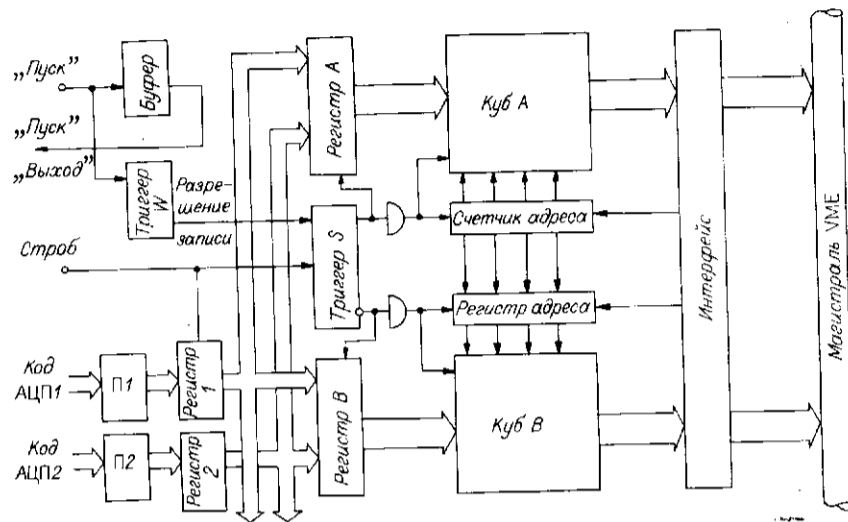


Рис. 4

Управление ЗУ в режиме «Чтение» осуществляется от ЭВМ. Перед подачей команд чтения сначала выполняется команда «Установка нуля», по которой в счетчик и регистр адресов заносятся нули. По командам «Чтение» считывание данных из кубов А и В осуществляется поочередно. После каждого обращения к ЗУ автоматически производится увеличение адреса на «единицу».

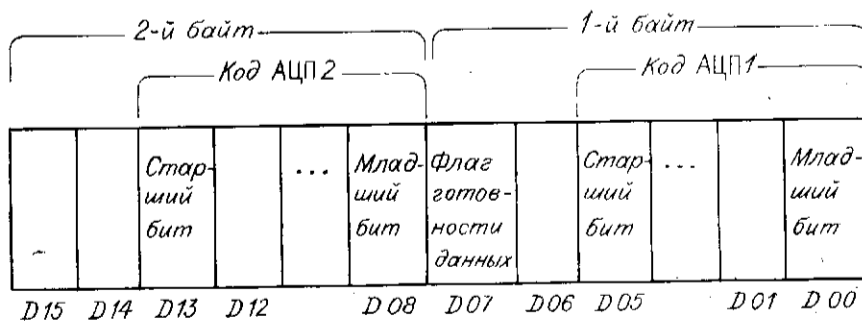
ЗУ построено на ЭСЛ-элементах серии 1500. В качестве элементов памяти использованы микросхемы 1500РУ470, обладающие приемлемой емкостью 1×4 К и высоким быстродействием. Применение других доступных элементов памяти либо уменьшило бы объем памяти, либо потребовало бы большего распараллеливания.

ЗУ снабжено стандартным VME-интерфейсом. Интерфейс содержит триггер флага готовности данных, генерирующий «1» в статусном регистре ОЗУ в режиме чтения. Отсутствие «1» означает, что ЗУ находится в режиме «Запись» и обращение к нему запрещено. Формат выходных регистров модуля представлен в таблице.

Конструктивно два канала (УВХ — АЦП) собраны на плате размером 90×120 мм. Последняя монтируется на плату VME размером 233×220 , на которой размещены цифровая память и интерфейс. Через один разъем платы VME осуществляется чтение данных в ЭВМ и управление модулем, через другой — передача данных из АЦП на скоростные специпроцессоры обработки данных в реальном времени. Охлаждение микросхем на платах осуществляется с помощью медных радиаторов. Передача данных из АЦП производится через трансформаторные цепи развязки на ферритовых кольцах $\varnothing 4$ мм, при этом потенциалы кода результата дифференцируются, полученные импульсы проходят через трансформаторы и устанавливают триггеры данных памяти (восстанавливая тем самым постоянную составляющую кода).

Технические характеристики модуля: число каналов 2; частота дискретизации $0 \div 75$ МГц; полоса преобразуемых сигналов $0 \div 300$ МГц; в режиме малого сигнала (менее 0,25 диапазона) 450 МГц; диапазон входного сигнала $\pm 0,6$ В; погрешность преобразования ± 1 квант; апертурная неопределенность ± 20 пс.

16-разрядное слово
Выходное слово



Выходные цепи АЦП гальванически развязаны от измерительных цепей. Число регистрируемых отсчетов по каждому каналу ОЗУ 8 К. Запуск и считывание данных — программные через VME-шину.
Разработанные модули АЦП-ЗУ находятся в опытной эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Касперович А. Н., Мантуш О. М., Шалагинов Ю. В. Двухканальная система аналого-цифрового преобразования и регистрации сигналов микросекундной длительности // ПТЭ.— 1980.— № 4.
2. Касперович А. Н., Кубышкин А. П., Шалагинов Ю. В. Широкополосный цифровой регистратор с перестраиваемой структурой // Автоматизация научных исследований: Тез. докл. XIX Всесоюз. шк.— Новосибирск: ИЛЭ СО АН СССР, 1985.
3. Хильченко А. Д. Широкополосный регистратор формы однократных импульсных сигналов // ПТЭ.— 1987.— № 3.
4. Касперович А. Н., Шалагинов Ю. В. Широкополосный одноплатный АЦП // Автометрия.— 1984.— № 5.
5. Быстродействующие интегральные микросхемы ЦАП и АЦП и измерение их параметров/Под ред. А.-И. К. Марцинкявичюса и Э.-А. К. Багдапскиса.— М.: Радио и связь, 1988.
6. ICS for Industrial Electronics // Data Book, Siemens Aktiengesellschaft, 1987/88.

Поступило в редакцию 3 апреля 1990 г.

УДК 681.7.06 : 535.41

В. А. ФЕОКТИСТОВ, Ф. Г. ХУЗИН, Ю. Н. ЦИГЛЕР
(Казань)

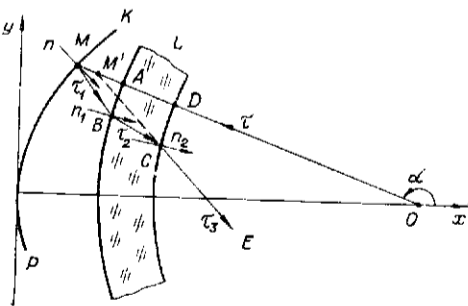
КОНТРОЛЬ АСФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТОДОМ ФИЗО

Метод Физо позволяет получить локализованные интерференционные полосы равной толщины при больших зазорах между эталонной и контролируемой поверхностями. Это свойство метода используется при контроле асферических поверхностей с помощью сферических эталонов. При совмещении центра кривизны сферической эталонной поверхности с оптической осью асферической поверхности наблюдается интерференционная картина в виде концентрических колец. Контроль заключается в измерении размеров интерференционных колец, определении величины воздушного зазора между эталонной и контролируемой поверхностями и сравнении ее с требуемой [1, 2].

В соответствии с методом Физо необходимо обеспечить нормальное падение освещающего пучка на эталонную поверхность [1], поэтому источник света малых угловых размеров совмещают с центром кривизны эталонной поверхности. Эталон целесообразно выполнить в виде концентрического мениска.

Для проведения контроля необходимо установить связь между величиной воздушного зазора и порядком интерференции.

На рисунке показан ход интерферирующих лучей, где KP — участок асферической поверхности; L — концентрический мениск с эталонной поверхностью AB ; O — центр кривизны эталонной поверхности. Воздушный зазор между поверхностями в каждой зоне характеризуется отрезком AM , совпадающим с направлением луча света, исходящего из источника, совмещенного с центром кривизны O . В точке A луч делится на отраженный и прошедший; первый проходит в направлении AD , а второй — через границу раздела AB и далее, отразившись от асферической поверхности в точке M , следует по пути MBC . Для наблюдения интерференционных полос необходима оптическая система, преобразующая расходящиеся лучи AD и CE в сходящиеся с образованием действительного изображения мнимой точки M' пересечения интерферирующих лучей. Для определения оптической разности хода (и порядка интерференции) в случае мнимого пересечения интерферирующих лучей следует применить правило знаков, выводимое из условия таутохронизма



© 1990 Феоктистов В. А., Хузин Ф. Г., Циглер Ю. Н.

6 Автометрия № 6, 1990 г.